

ATM 망의 트래픽 제어를 위한 효율적인 하이브리드 UPC 알고리즘

윤 석 현*

An Effective Hybrid UPC Algorithm for the Traffic Control of ATM Networks

Seok-Hyun Yoon*

요 약

본 논문에서는 ATM 망에서 대표적 사용 파라미터 제어(UPC) 알고리즘인 리키버킷 알고리즘과 윈도우 알고리즘의 하나인 EWMA 알고리즘을 결합한 하이브리드 UPC 알고리즘을 제안하고 그 성능을 평가 분석하였다.

제안된 알고리즘은 최대전송율을 제어하는 리키버킷과 평균전송율을 제어하는 EWMA를 병렬로 결합하여, 최대전송율과 평균전송율을 동시에 고려하였다. ON/OFF 트래픽 소스 모델을 적용, BONEs를 이용하여 모의실험한 결과 제안 알고리즘이 기존의 리키버킷 알고리즘에 비해 셀 손실율과 버퍼 크기면에서 우수한 성능을 나타냈다.

Abstract

In this paper, a hybrid UPC algorithm is proposed, which combines the representative Leaky Bucket UPC algorithm with the EWMA window algorithm in the ATM network and then its performance is evaluated. The hybrid UPC algorithm is made up of Leaky Bucket and EWMA, which control the peak bit rate and the mean bit rate, respectively. According to the result of the simulation using BONEs with the On/Off traffic source model, it is revealed that the proposed UPC algorithm has superior performance to the existing Leaky Bucket UPC algorithm with regard to both the cell loss rate and the buffer size.

* 청강문화산업대학 컴퓨터소프트웨어과 교수

I. 서론

본 논문에서는 ATM 망에서 폭주상태가 발생하기 전에 수행하는 예방제어 기법과 폭주상태가 발생한 상황을 회복하는데 큰 전파지연 때문에 효율적이지 못한 반응제어 기법의 문제점을 해결하기 위하여, 최대전송율과 평균전송율을 동시에 고려하는 제어방법을 제안한다.

리키버킷 알고리즘(Leaky Bucket Algorithm, 이하 LB)은 최대전송율을 제어에는 우수하지만 평균전송율 제어에는 문제점을 가지고 있으며, 한편 Exponentially Weighted Moving Average 알고리즘(이하 EWMA)은 최대전송율을 제어에는 긴 측정시간이 필요하고 반응속도가 느린 단점을 갖지만 평균전송율 제어에는 우수한 성능을 가진 것으로 알려져 있다[2,3,4,5,6]. 제안된 하이브리드 UPC(Hybrid UPC, 이하 H-UPC) 알고리즘은 LB와 EWMA를 결합하여 최대전송율과 평균전송율 제어를 효과적으로 수행하도록 하였다. H-UPC의 성능 평가를 위해서 ON/OFF 트래픽 소스 모델을 적용, BONEs를 이용하여 모의실험 하였으며, 그 결과 제안 알고리즘이 기존의 LB에 비해 셀 손실율과 버퍼 크기면에서 우수한 성능을 나타냄을 보여주었다. 본 논문에서 제안한 H-UPC 알고리즘의 타당성과 구현은 3장에서 논한다.

II. UPC 알고리즘

2.1 Leaky Bucket 알고리즘

LB에서는 셀이 토큰 풀에서 토큰을 얻어만 전송될 수 있다. 토큰 풀에 토큰이 없을 때 도착한 셀은 위반 셀로 간주되어 폐기된다. 전형적인 LB에서 토큰은 망으로의 평균 허용 비율로 생성되며, 생성된 토큰은 토큰 풀에 저장된다. 토큰 풀이 가득 차게 되면 새로 생성되는 토큰은 버려진다. 토큰 풀은 유한의 크기를 가지며

토큰 풀의 크기는 네트워크가 허용하는 최대 버스트 길이로 볼 수 있다[7].

그림 1은 별도의 토큰 풀을 갖는 LB로 N개의 셀 버퍼를 가지고 있고 한정된 크기 σ 의 토큰 풀을 가지고 있다. 도착한 셀은 토큰 풀에 토큰이 있을 경우에만 토큰을 가지고 네트워크로 진입할 수 있고 토큰 풀이 비어있으면 버퍼에서 대기해야 되며 만약 버퍼가 다 차면 위반으로 판명된다. 그러므로 토큰 발생률의 조절을 통해 네트워크로 유입되는 전송률을 제어할 수 있다. 그러나 토큰이 많이 쌓여 있을 때 도착한 많은 셀들이 한꺼번에 네트워크로 유입될 수 있다. 셀 손실률은 셀 버퍼의 크기와 토큰 풀의 크기에 좌우된다. 셀 버퍼의 지연은 토큰 풀의 크기를 크게 하므로서 줄일 수 있다[10].

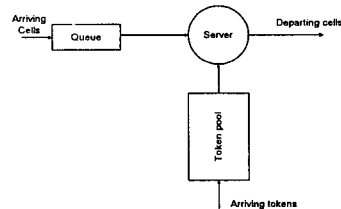


그림 1. 셀 버퍼를 가진 리키버킷

그림 2는 버퍼를 가진 LB 모델에 스페이서(spacer)와 위반 셀들에 대한 표시기능(tagging)을 추가한 모델이다. 셀 버퍼에 도착한 셀들은 토큰 풀에 토큰이 있어도 앞의 토큰이 스페이서를 빠져나가기 전에는 네트워크로 진입할 수 없다. 따라서 네트워크로 진입되는 셀들 사이에는 일정 이상의 간격이 형성된다. 이와 같이 입력단에 네트워크로 진입하는 셀의 간격을 조절하여 버스티한 셀의 전송을 피하는 기능을 정련(shaping 또는 spacing)이라고 부르며, 감시 및 제어에 중점을 두는 강압(policing)과는 다른 개념으로 구분되고 있다. 이 정련 기능을 갖춘 LB는 강압 기능과 정련 기능을 동시에 갖춘 UPC 모델이다[3][4].

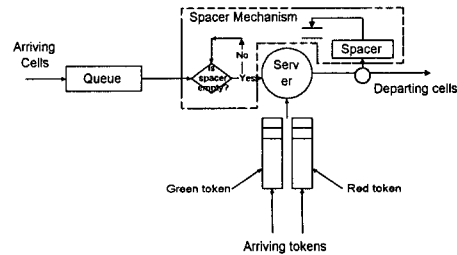


그림 2. 스페이서를 가진 리키버킷

2.2 EWMA 알고리즘

윈도우 메카니즘의 제어 알고리즘은 윈도우 안에서 허용되는 최대 셀의 수와 윈도우 시간 간격의 비로 트래픽을 감시한다[11]. EWMA 알고리즘은 JW 메카니즘에서 일정한 주기 T에 허용하는 셀 수를 이전 윈도우에서 허용한 셀 수에 따라 변화시키는 방법으로 i번째 윈도우에서 허용되는 최대 셀 수 N_i 는 윈도우 시간 간격 당 허용되는 평균 셀 수 N과 이전 윈도우 간격 X_{i-1} 에서 허용된 셀 수 S_{i-1} 의 지수적 가중 합의 함수로 나타나며, 식 (1), (2)로부터 N_i 는 식 (3)과 같이 정의된다.

$$N_i = \frac{N - \gamma S_{i-1}}{1 - \gamma} \quad (0 \leq \gamma < 1) \quad (1)$$

$$S_{i-1} = (1 - \gamma)X_{i-1} + \gamma S_{i-2} \quad (2)$$

$$N_i = \frac{N - (1 - \gamma)(\gamma X_{i-1} + \dots + \gamma^{i-1} X_1) - \gamma^{i+1} S_0}{1 - \gamma} \quad (3)$$

여기서 S_0 는 EWMA 측정의 초기값이며 인자 γ 는 가중치로 트래픽의 버스트 특성에 대한 알고리즘의 융통성을 조절한다. 만약 $\gamma = 0$ 이면 $N_i = N$ 으로 되어 JW 메카니즘과 동일하게 된다. γ 값이 0보다 크면 변화가 많은 소스 특성을 더 많이 허용한다. N_i 의 계산은 특정한 γ 값을 효율적이게 하지만 메카니즘의 구현 복잡성이 다른 메카니즘보다 약간 증가하게 된다. EWMA는 비교를 위해 사건중심(event by event) 시뮬레이션 기법을 사용하여 평가할 수 있다. [4]

III. 제안 알고리즘

본 논문에서는 최대전송율의 제어에 우수한 성능을 가지는 LB와 평균전송율 제어에 우수한 성능을 가진 EWMA를 결합하여 그림 3과 같이 H-UPC를 제안하였다. H-UPC는 최대전송율 제어를 수행하는 LB에서 토큰을 받지 못해 위반셀로 판명된 셀들을 EWMA에서 평균전송율과 비교하여 위반을 판명하도록 하였다. 이때 최대 비트율은 위반하였지만 평균전송율을 준수한 셀은

망으로 전송되도록 하므로써 셀 손실율을 줄여 망이 요구하는 서비스 품질을 만족할 수 있도록 하였다.

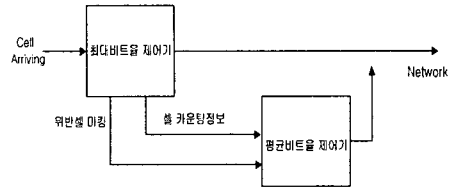


그림 3. 하이브리드 UPC 블록

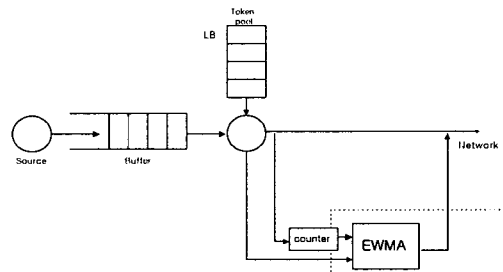


그림 4. 하이브리드 UPC 알고리즘

IV. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 멀티미디어 소스 모델링에 자주 이용되는 2-state MMPP (Markov Modulated Poisson Process)를 사용하였다. 이 2-state MMPP 모델들은 [12],[13] 등에서 좋은 소스 모델로 평가되고 있으며 그림 5와 같이 ATM 소스의 특성에 널리 사용되는 ON-OFF 모델을 사용하였다[14],[15]. 이 모델은 실제로 패킷화 된 음성과 정지화상, 대화식 데이터 서비스를 모형화 하는데 성공적으로 사용되었다.

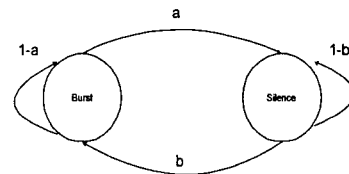


그림 5. ON-OFF 트래픽 모델

ON-OFF 트래픽 소스 모델은 Bursty 주기와 Silence 주기를 교대로 하는 순서로 모형화 된다. 2-state MMPP 모델은 ON 상태에서 기하분포 또는 음의 지수분포로 평균 h의 시간을 유지하고, OFF 상태로 바뀌어 역시 지수분포의 k의 시간을 보낸다. ON 상태에서는 최고 전송율로 고정길이인 셀을 계속적으로 발생시키며 OFF 상태에서는 침묵하게 된다. 다음 3가지 파라미터로 설명할 수 있으며 이를 이용하여 식 (4) - (8)과 같이 다른 파라미터 값을 얻을 수 있다.

Bp : 버스트 기간의 비트 전송율 (PBR : Peak Bit Rate)

h : 평균 버스트 기간 (mean burst duration)

Ba : 평균 전송율 (ABR : Average Bit Rate)

(B : Bit Rate, p : Peak Rate, a : Average Rate, b : Burstness)

$$Ba \equiv Bp \times h / (h+k) \quad (4)$$

$$k = h(Bp/Ba-1) \quad (5)$$

$$T = h+k \quad (6)$$

$$b = (h+k)/h = Bp/Ba \quad (7)$$

$$\sigma h = 1/(1/h) = h \quad (8)$$

평균전송율은 식 (4)와 같으므로 평균침묵 구간 k는 식 (5)로 나타낼 수 있다. 평균 ON-OFF 주기 T는 식 (6)으로 표현되며, 버스트 크기 b는 식 (7)로 정의된다. 버스트 기간 h의 분산이나 표준편차 σh 는 실제적인 버스티 트래픽의 제어를 위해 필요한 요소로 인식되고 있다(2)[12]. 일반적으로 버스트 기간의 값이 지수분포로 규정된다면 그 분산은 곧바로 얻어질 수 있으므로 특별한 문제가 없으나 분포가 잘 알려지지 않은 버스티한 멀티미디어 트래픽의 효과적인 제어 모듈을 설계하기 위해서는 이 표준편차 값이 트래픽 파라미터로 설정되어야 한다.

4.1 실험환경

본 논문에서는 시뮬레이션을 위하여 BONEs(Block Oriented Network Simulator) 3.1을 이용하여 알고리즘을 구성하였으며 SUN 워크스테이션에서 성능 평가를 하였다. 시뮬레이션에 적용된 트래픽 파라미터는 표 1과 같으며 정확도와 신뢰성을 높이기 위해 여러 문헌에서 사용한 파라미터 값을 그대로 사용하였다(3,4).

표 1. 트래픽 파라미터

파라미터 \ 소스	음성	정지영상	고속 데이터
Bp	32Kbps	2Mbps	10Mbps
Ba	11.2Kbps	87Kbps	2Mbps
h	352ms	500ms	5ms
k	650ms	11000ms	20ms

성능 평가는 표 1의 각 트래픽 소스에 대하여 셀 도착율을 일정하게(최대비트율 Bp) 유지한 상태에서 버퍼 크기에 따른 셀 손실율과, LB 및 EWMA에 대하여 각각 셀 손실율이 10^{-6} 을 만족하는 조건의 버퍼 크기를 유지한 상태에서 셀 도착율에 따른 셀 손실율을 측정하였다.

본 논문에서 각 트래픽 소스는 평균 1백만 셀을 발생시켜 10^{-6} 의 셀 손실율을 만족하는 조건으로 실험을 하였으며 셀 손실율이 10^{-6} 이하인 경우에 대하여는 10^{-6} 으로 수용하였다. 또한 제안한 H-UPC를 평가 분석하기 위해 기존의 우수한 것으로 판명된 LB를 비교 대상으로 하여 시뮬레이션을 수행하였다.

4.2 실험 결과

그림 6, 7, 8은 셀 손실율 10^{-6} 을 만족하는 LB와 H-UPC의 버퍼 크기에 따른 음성과 정지영상, 고속데이터 트래픽의 셀 손실율을 측정된 것이다. 음성 트래픽의 경우(그림 6) H-UPC는 셀 손실율이 버퍼 크기가 1일 때 10^{-6} 의 셀 손실율을 만족하고 있으나 LB는 버퍼 크기가 14일 때 만족하고 있으며, 정지영상 트래픽인 경우(그림 7) H-UPC는 버퍼의 크기가 200, LB는 1300일 때 각각 만족하고 있다. 또한 고속데이터 트래픽의 경우(그림 8) H-UPC는 1, LB는 238일 때 10^{-6} 의 셀 손실율을 만족하고 있다. 따라서 제안한 H-UPC가 LB에 비하여 10^{-6} 의 셀 손실율을 만족하는 버퍼의 크기가 상당히 감소하는 것을 실험을 통해서 보여 주고 있다.

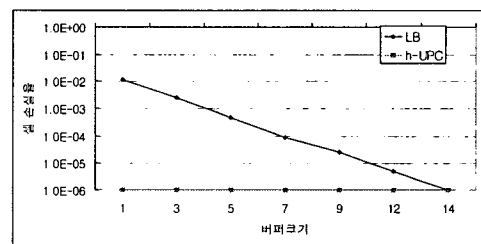


그림 6. 버퍼 크기에 따른 셀 손실율(음성:32Kbps)

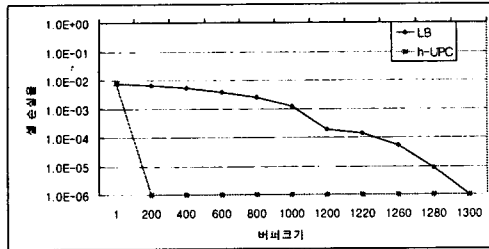


그림 7. 버퍼 크기에 따른 셀 손실율(정지영상: 2Mbps)

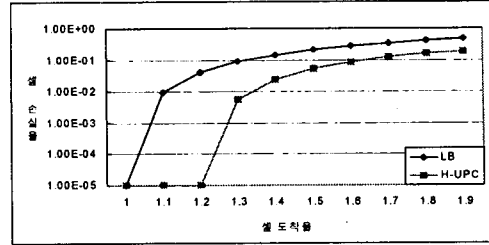


그림 10. 셀도착률에 따른 셀 손실률(정지영상, 버퍼크기 LB: 1300, H-UPC: 200)

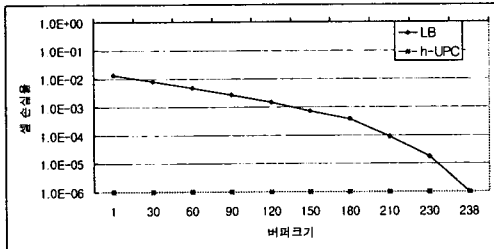


그림 8. 버퍼 크기에 따른 셀 손실율(고속데이터: 10Mbps)

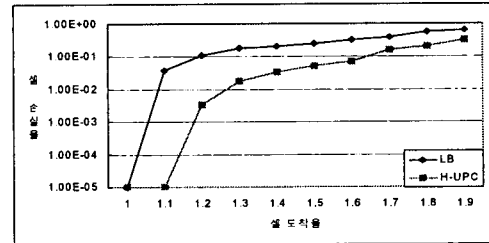


그림 11. 셀도착률에 따른 셀 손실률(고속데이터, 버퍼크기 LB: 238, H-UPC: 1)

또한 그림 9, 10, 11은 셀 손실율이 10^{-6} 을 만족하는 최소의 버퍼의 크기에서 LB와 H-UPC의 셀 도착율에 따른 음성과 정지영상, 고속 트래픽의 셀 손실율을 측정한 것이다. 특히 셀 손실율이 10^{-6} 을 만족하는 버퍼 크기의 조건하에서 실험하기 위하여 LB와 H-UPC에 대하여 동일한 버퍼 크기를 적용하지 않고 각각의 트래픽 소스에 대하여 그림 6, 7, 8의 결과를 적용하여 셀 손실율이 10^{-6} 을 만족하는 최소의 버퍼의 크기에서 실험하였다.

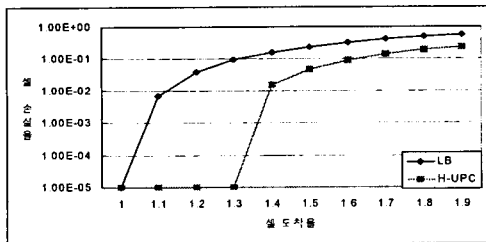


그림 9. 셀도착률에 따른 셀 손실률(음성; 버퍼크기 LB: 14, H-UPC: 1)

그림 9는 음성 트래픽에 대한 결과로 LB는 버퍼 크기가 14, H-UPC는 버퍼 크기가 1인 조건하에서도 셀 도착율이 LB에 비하여 H-UPC가 낮은 셀 손실율을 보이고 있다.

그림 10은 정지영상 트래픽을 적용한 것으로 LB는 버퍼 크기가 1300, H-UPC는 버퍼 크기가 200인 조건하에서도 H-UPC가 LB에 비해 적은 셀 손실율을 나타내는 것을 알 수 있다.

한편 그림 11은 고속데이터 트래픽에 대하여 LB의 버퍼 크기가 238, H-UPC는 버퍼 크기가 1인 경우이며 LB의 셀 손실율은 셀 도착률에 따라 증가하는 것을 알 수 있지만 H-UPC의 셀 손실율은 10^{-6} 을 만족하는 것으로 측정되었다. 따라서, 기존의 LB에 비해 제안한 H-UPC의 성능이 음성과 정지영상, 고속트래픽의 경우에 대하여 버퍼의 크기 및 셀 도착율에 따른 셀 손실율 면에서 전반적으로 우수한 것을 확인하였다.

V. 결론

본 논문에서는 기존에 우수성을 인정받은 LB의 평균 전송율 문제점을 해결하기 위하여 LB와 윈도우 알고리즘의 하나인 EWMA를 결합한 H-UPC를 제안하여 LB와 성능을 비교 분석하고 평가하였다. 제안한 H-UPC에서는 LB에 의해 최대전송율을 제어하여 최대전송율을 위반한 셀들을 폐기하지 않고 다시 EWMA를 통해 평균전송율을 제어하여 최대전송율은 위반하였지만 평균전송율을 위반하지 않은 셀들은 망으로 전송되도록 하였다.

시뮬레이션 결과 LB에 비하여 제안한 H-UPC가 음성과 정지영상, 고속데이터의 각 트래픽 소스에 대한 셀 손실율과 버퍼의 크기면에서 아주 우수함을 입증할 수 있었다. 추후 연구 과제로는 H-UPC에서 방출되는 셀의 정련 기능과 폭주제어 기능을 연동하여 연구할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] 심영진, 박성곤, 조용환 "ATM 망에서의 Leaky Bucket UPC 알고리즘의 성능 개선에 관한 연구", 한국통신학회논문지, 제22권 wp5호, pp.1116-1125, 1997.
- [2] J. J. Bae, T. Suda, "Survey of Traffic Control Scheme and Protocols in ATM Networks," Proceedings of the IEEE, Vol. 79, No. 2, pp.170-189, Feb. 1991.
- [3] M. Butto, E. Cavallero, A. Tonietti, "Effectiveness of the Leaky Bucket Policing Mechanism in ATM Networks", IEEE JSAC, Vol. 9, No. 3, pp. 335-342, Apr., 1991.
- [4] E. P. Rathgeb, "Modelling and Performance Comparison of Policing Functions in ATM Networks", IEEE JSAC, Vol. 9, No. 3, pp.325-334, Apr. 1991.
- [5] Khosrow, Sohraby and Moshe Sidi, "On the Performance of Bursty and Corelated Sources Subject to Leaky Bucket Rate-Based Access Control Scheme", IEEE INFOCOM'91, 40.3.1-40.3.9, 1991.
- [6] B. Lague, C. Rosenberg, F. Guillemin, "A Generalization of some Policing Mechanisms", INFOCOM'92, pp.767-775, 1992.
- [7] J. S. Turner, "New Directions in Communications (or Which Way in the Information Age?)", IEEE Comm. Mag., Vol. 24, No. 10, Oct 1986.
- [8] Ors.T. and Jones S.P.W, "Performance Optimization of ATM Input Control using Multiple Leaky Buckets", Third IFIP workshop on performance Modelling and Evaluation of ATM Networks, Ilkey, July 1995.
- [9] A.Takase, Y.Nakano, Y.Ashi, and M. Takano, "ATM transport node for flexible and robust access network," Proc. of IEEE GLOBECOM'93, pp.1481-1487, 1993.
- [10] G. M. Woodruff, R. Kositpaiboon, "Multimedia Traffic Management Principles for Guaranteed ATM Network Performance", IEEE JSAC, Vol. 8, No. 3, pp.437-446, 1990.
- [11] 이기봉, 송주석, 이준원 "BISDN ATM 환경에서의 트래픽 제어 방식에 관한 연구", 한국통신학회논문지, 제20권 3호, pp.569-580, 1995.
- [12] A. Baiocchi, N. Blefari Melazzi, M. Listanti, A. Roveri and R. Winkler, "Modeling Issues on an ATM Multiplexer within A Bursty Traffic Environment", IEEE INFOCOM'91, 2C.2.1-2C.2.9, 1991.

- [13] G. Gallassi, G. Rigolio, "ATM : Bandwidth Assignment and Bandwidth Enforcement Policies". IEEE GLOBECOM'89, 49.6.1-49.6.6, 1989.
- [14] A. Baiocchi, N. B. Melazzi, M. Listanti, A. Roveri and R. Winkler, "Loss Performance Analysis of an ATM Multiplexer Loaded with High-Speed ON-OFF Sources". IEEE JSAC, Vol. 9, No. 3, pp.388-393, 1991.
- [15] Raif O. Onvural, "Asynchronous Transfer Mode Networks : Performance Issues", Artech House, 1994.

저자 소개



윤석현
1978년 2월 인하대학교 전자공학과 (공학사)
1982년 2월 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
2000년 2월 국민대학교 전자공학과 (공학박사)
1981년 ~ 1993년 동양공업전문대학 전자통신과, 사무자동화과 교수
1996년 ~ 현재 청강문화산업대학 컴퓨터소프트웨어과 교수
관심분야 : ATM 네트워크, 멀티미디어 서비스, 소프트웨어 공학, 프로토콜 공학,